C.2. Ciencias e Ingeniería de Materiales

Caracterización tecnológica de *Robinia Pseudocacacia* (Acacia Blanca) y *Salix babylonica x Salix alba* (Sauce 'Ragonese 131-27') para su uso como madera estructural

Autor: Renso, Cichero; rensocichero@unnoba.edu.ar
Co-autoras: Aragón, Paula; paulaaragon11@gmail.com; Cobas, Ana Clara; cobasanaclara@yahoo.com.ar
Profesor guía: Tortoriello, Miguel; miguel.tortoriello@nexo.unnoba.edu.ar
UNNOBA (Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires)

Resumen

En los últimos tiempos se ha avanzado, tanto en conocimiento como en difusión, en la construcción de viviendas económicas de madera, destacando que el término económico no está relacionado con la calidad, sino con un producto confiable y durable de costo no muy elevado. La acacia blanca y el sauce son especies que presentan crecimientos aptos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires por lo tanto podría pensarse su madera para uso en viviendas, un uso estructural. El objetivo de este trabajo fue caracterizar tecnológicamente ambas especies y determinar, de acuerdo a los resultados obtenidos, si las mismas podrían considerarse para su uso como madera estructural. Para ello se trabajó sobre 5 ejemplares de acacia blanca y 5 de sauce Ragonese 131-27. Se seleccionaron y apearon los mejores ejemplares; las trozas fueron traídas al laboratorio y secadas al aire libre por 3 meses. Posteriormente, se determinó la edad de los ejemplares a través de sus anillos de crecimiento, la edad de la acacia blanca fue de 7-15 años y la del sauce fue de 13 años. La densidad según norma IRAM 9544 fue de 700-800 Kg/m^3 para acacia y de 400-450 Kg/m^3 para sauce, lo que permite clasificarlas como madera semipesada y liviana respectivamente. Para estudiar sus propiedades de resistencia mecánica, se llevaron a cabo ensayos de flexión estática según norma IRAM 9542, y de dureza Brinell para acacia y Janka para sauce. La madera de acacia blanca presentó un valor medio de MOR de 154,80 MPa y un MOE de 10390,29 MPa y un valor de dureza Brinell de 8,87 HB. La madera de sauce presentó un valor medio de MOR de 55,23 MPa, un MOE de 5730,33 MPa y un valor de dureza Janka de 2515 N.

Palabras clave: acacia blanca, sauce, Madera estructural.

Introducción

La madera ha servido como material de construcción desde la prehistoria, es un material que ofrece muchas ventajas y también algunas desventajas a quien lo usa. Entre sus mejores características están el ser uno de los pocos materiales de construcción renovables; su elaboración requiere mucho menos energía por unidad de peso que el acero, el aluminio o el hormigón armado; proporciona mejor aislamiento térmico por unidad de espesor que los metales o el hormigón armado; posee una mayor relación entre rigidez y peso que los otros materiales de importancia; trabajar la madera y unirla es relativamente fácil pues se requieren solo herramientas simples; y en ciertas circunstancias es de larga duración. Sin embargo, el uso de la madera en la construcción presenta también inconvenientes, por ejemplo, la madera se quema, se pudre, contrae al secar, es susceptible al ataque de insectos y puede resultar más costosa que otros materiales.

A nivel mundial, el uso de la madera en la construcción es un tema que ha sido estudiado por mucho tiempo por varias disciplinas (ingeniería civil, arquitectura, ingeniería forestal, entre otras). Países como Estados Unidos, tienen la mayoría de sus viviendas construidas en madera, mientras que en Australia podemos encontrar el edificio de madera de ingeniería más grande de ese país que se inauguró en 2018, que cuenta con 10 pisos y 45 metros de altura. Aunque el uso de la madera en la construcción de importantes edificios públicos y lujosas residencias privadas tiene varios precedentes históricos, en nuestro país este material se considera para construcciones provisionales y /o de escasa calidad. Una de las principales causas de esta creencia es la falta de conocimiento por parte de la población de las ventajas que tiene la construcción con madera. Asimismo, los estudios sobre las propiedades de la madera para uso sólido no han sido analizadas desde grupos multidisciplinarios, lo que no ha permitido una mejor compresión de las necesidades para el uso en estructuras y de las características propias del material.

La madera puede ser vista como un material higroscópico, como un agregado de fibras y finos, o como una masa de diferentes sustancias químicas en combinación, pero fundamentalmente como un producto biológico generado durante la actividad de crecimiento del cambium en años sucesivos. La madera es el objeto o materia prima de la producción y transformación industrial, y ésta, como tal, tiene sus características que deben ser tomadas en consideración (Monteoliva,

2010).

En la actualidad, el mercado nacional presenta alta demanda de maderas nativas fundamentalmente para la construcción debido a la calidad de la madera que presentan estas especies .

La región bonaerense no ofrece las maderas que demanda el mercado en relación a la construcción, a la industria del mueble, y a las del triturado y del debobinado, cubriéndose esta demanda con maderas proveniente del noreste del país (NEA). Sin embargo, desde hace unos años se registra un cierto desabastecimiento y elevación de los precios de las maderas del NEA en el mercado regional, dado que las mismas son exportadas en conjunto con otros productos forestales nacionales. Estas oscilaciones en el mercado posibilitan la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento (Dell Arciprette, cop. 2003).

En lo referente a la provincia de Buenos Aires, el recurso forestal cuenta con una superficie de 100.000 hectáreas de bosques cultivados, que se encuentran concentradas principalmente en la región del Delta Bonaerense del Río Paraná con unas 57.800 hectáreas de salicáceas y en la región sudeste con unas 17.000 hectáreas de eucaliptos y pinos. En el resto de la provincia predominan las forestaciones de protección características de las explotaciones agropecuarias (cortinas rompevientos y monte de abrigo). Principalmente en la subregión de la Pampa Deprimida se verifican crecimientos aceptables de distintas especies de eucaliptos y acacia blanca formando pequeños montes de abrigo. (Revista: Buenos Aires Forestal Argentina, 2009).

Para cumplir con la demanda de madera de calidad, sería importante la incorporación de especies cultivadas que presenten características tecnológicas similares a las utilizadas en los productos de alto valor agregado y que aún no estén siendo comercializadas masivamente en la industria local y/o regional, como es el caso de la acacia blanca .En el caso del sauce su uso está destinado mayoritariamente a la industria de la pulpa y papel, poder determinar si es de utilidad para uso sólido le daría mayor valor a su madera y diversificaría el uso de las plantaciones ya existentes.

Algunas de las características de ambas especies que hacen factible ser tenidas en cuenta para su utilización son: amplia tolerancia al sitio, rápido crecimiento, habilidad para rebrotar de tocón y raíz.

Si se pretende incorporar a la madera de estas especies como material para la construcción, es necesario conocer sus propiedades físicas, anatómicas y

mecánicas, de manera de utilizarla de la mejor manera posible evitando problemas posteriores por el uso incorrecto.

Objetivo General

Caracterizar tecnológicamente la madera de *Robinia Pseudoacacia* (acacia blanca) y *Salix babylonica x Salix alba* (Sauce 'Ragonese 131-27') para su uso como madera estructural.

Objetivos específicos

- Determinar la densidad (g/cm^3) de la acacia blanca y sauce Ragonese 131-27.
- Analizar la resistencia a la flexión en ambas especies.
- Determinar la dureza Janka de ambas maderas.
- Analizar su posible uso como madera estructural a partir de los resultados obtenidos.

Materiales y métodos

Se seleccionaron 5 árboles de *Robinia pseudoacacia* con edades comprendidas entre 7-15 años en un monte de reparo, sin manejo silvícola, ubicado en el establecimiento Lanfranchi, Chivilcoy, Pcia de Buenos Aires, Argentina y se trajeron 5 ejemplares (troza basal de 2 m de largo) de *Salix babylonica x Salix alba* 'Ragonese 131-27' en buenas condiciones fitosanitarias y representativos del rodal de un ensayo de manejo silvícola de Edgardo Casaubón de la EEA Delta del Paraná.

Posteriormente, se cortó una rodaja por ejemplar y se obtuvo una tabla central sobre la cual se determinó la edad de los ejemplares por observación de los anillos de crecimiento, tal como muestra la Figura 1. Luego se marcaron y obtuvieron las probetas para la determinación de densidad (Figura 2). Del resto del fuste se procesaron las probetas para los ensayos de flexión estática y dureza Janka.

Las probetas se dejaron estacionar durante 2 meses en ambiente controlado hasta alcanzar la humedad de equilibrio higroscópico (12%).

Figura 1: Determinación de la edad de los ejemplares por observación de los anillos de crecimiento.

Densidad

Para el cálculo de la densidad se utilizó la norma IRAM 9544. El volumen se determinó por desplazamiento de fluidos. El volumen verde o saturado se determinó luego de colocar las probetas durante una semana en agua. El peso anhidro se determinó sobre balanza (0,001 g) luego de secar las probetas en estufa a 103°C hasta peso constante.

Figura 2: Probetas de densidad de sauce.

Flexión

Los ensayos de flexión se realizaron según la norma IRAM 9542 (30 probetas por especie de 2 x 2 x 34 cm). Con los valores obtenidos se calcularon los módulos de elasticidad y módulo de rotura para ambas especies.

Figura 3: Probeta de acacia blanca ensayada a flexión.

Dureza Brinell

Para la acacia blanca se llevó a cabo el ensayo bajo la norma ASTM E 10-78. Como resultado del ensayo aparece una huella que tiene forma de casquete esférico de diámetro (d) en la superficie de la probeta ensayada, tal como se observa en la Figura 4. Este valor, diámetro (d), es el que hay que medir en el ensayo. La dureza Brinell (HB) viene definida entonces por la siguiente expresión:

$$HB = P / S$$

siendo (S) la superficie de la huella que queda sobre la probeta del material ensayado. La fuerza (P) de la expresión anterior se expresa en kp (kilopondios) y la superficie de la huella (S) en mm^2.

Figura 4: Probeta de acacia blanca luego del ensayo de dureza Brinell.

Dureza Janka

Para el sauce se determinó la dureza Janka según norma IRAM 9570. Como resultado del ensayo se obtendrá la carga necesaria (N/mm^2) para que la mitad de la esfera de diámetro 11,284 mm penetre en el material.

Figura 5: Probeta de sauce luego del ensayo de dureza Janka.

Resultados

Densidad básica

Los valores medios hallados en densidad básica (700-800 Kg/m^3) para la acacia son levemente superiores a los reportados para la especie por otros autores (Forest Products Lab 1987, Stringer y Olson, 1987, Keil et al. 2011, Pollet et al. 2012).

Para el sauce la densidad promedio fue de 400-450 Kg/m^3. Estos resultados son similares a los presentados por Cobas (2013) en sauce Americano de 20 años de edad y por Villegas *et al.* (2009) en su estudio sobre distintos clones de *Salix sp.* Comparativamente con las maderas utilizadas en el mercado argentino, los valores hallados para acacia blanca son mayores a los de los pinos, álamos y *Eucalyptus grandis,* y similares a los de *Eucalyptus globulus* (Atencia 2003), a diferencia del sauce Ragonese 131-27, cuyos valores fueron inferiores a los mismos.

Los valores obtenidos para acacia y sauce permiten clasificarlas como madera semipesada y liviana respectivamente

Flexión

La madera de acacia blanca presentó un valor medio de MOR de 154,80 MPa y MOE de 10390,29 MPa, según la clasificación de Rivero Moreno (2004) se corresponderían con un valor alto y bajo respectivamente. Los valores obtenidos para ambos módulos son similares a los presentados por Keil (2011) en acacia blanca extraída de rodales multi-específicos implantados en el partido de Torquinst (prov. Buenos Aires), aunque en su trabajo no mencionan la edad de los ejemplares analizados. Mientras que Adamopoulos (2007), trabajando con árboles de 21-37 años de edad extraídos de plantaciones naturales en Grecia, presentó valores similares de MOR, sin embargo, los valores de MOE fueron superiores a los presentados en este trabajo.

La madera de sauce presentó un valor medio de MOR de 55,23 MPa y un MOE de 5730,33 MPa. Refort et al. (2019), en su estudio sobre el comportamiento elasto-resistente en salicáceas, encontró valores de MOR 20,60 MPa y de MOE 13351,2 MPa. El MOE para el sauce 'Ragonese 131-27' para su uso como fue superior al

límite de clase de resistencia indicado en la C-1 de la norma IRAM 9662-4 (2015). En ambos casos, los valores de MOR se corresponderían con una C-2 de la norma antes mencionada; valores superiores de MOR fueron hallados para Populus deltoides “Australiano 129/60”: 28,7 MPa y para “Stoneville 67”: 25,6 MPa (Filippetti et al., 2017).

Dureza Brinell y Janka

La acacia blanca presento un valor de dureza Brinell de 8,87 HB clasificándola como madera dura, mientras que del sauce se obtuvo una dureza Janka de 2515 N, catalogándola como madera blanda.

Los valores obtenidos de las propiedades ensayadas de acacia y sauce se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados obtenidos de las propiedades de ambas especies

Especie	Densidad (Kg/m^3)	Flexión (MPa)		Dureza
		MOR	MOE	
Acacia	700-800	154,80	10390,29	Brinell 8,87 HB
Sauce	400-450	55,23	5730,33	Janka 2515 N

Conclusiones

Los resultados obtenidos de las propiedades analizadas en acacia blanca y sauce Ragonese 131-27 indicarían que son especies con un potencial uso como madera estructural. Sin embargo, solo con estos parámetros no se puede aseverar que sirvan como madera estructural, se deberían analizar otras propiedades, como resistencia a la compresión paralela a la fibra, estabilidad dimensional y durabilidad natural.

Bibliografía

Adamopoulos, S.; Passialis, C.; Voulgaridis, E. 2007. Strength properties of Juvenile and Mature wood in Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Wood and Fiber Science* 39 (2): 241-249 p.

ASTM E 10-78. 1978. Standard Method of tests for Brinell hardees. American Society for testing and materials. USA.

Atencia, M.E. 2003. Densidad de maderas (kg/m^3) ordenadas por nombre común. INTI, CITEMA, Argentina. 8 p.

Cobas, A. 2013. Modelos de variación de propiedades del leño juvenil a maduro en Salicáceas y su influencia sobre pulpas quimimecánicas. Tesis de doctorado. La Plata, AR, UNLP. 213 p.

Dell’ Archiprette, V. Cop. 2003. Producción Forestal. [Intranet]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/

Filippetti, M.C. Guillaumet, A.A. Tortoriello, M. Alí Mossre, C. 2017. Potencial uso estructural de la madera *Populus deltoides* cultivado en el noroeste de la provincia de buenos aires. Congreso CLEM+CIMAD. Junín, Argentina.

Forest Products Laboratory. 1987. Wood Handbook: Wood as an engineering material. U.S. Dep. Agric. Agric. Handb. 72 p.

IRAM 9542. 1977. Método de ensayo de flexión estática de maderas con densidad aparente mayor de 0.5 g/cm^3. Instituto Argentino de Racionalización de materiales. 10 p.

IRAM 9544. (985. "Método para la determinación de la densidad aparente". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 p.

IRAM 9570. 1971. "Método de ensayo de la dureza janka". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6 p.

Keil, G.; Spavento, E.; Murace, M.; Millanes, A. 2011.Acacia blanca (*Robinia pseudoacacia* L.) y acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.): aspectos tecnológicos relacionados al empleo en productos de madera maciza. *Forest Systems* 20(1): 21-26 p.

Ministerio de Asuntos Agrarios. 2009. Revista: "Buenos Aires Forestal Argentina". 28 p.

Monteoliva, S. 2010. La madera como material: estructura anatómica y propiedades. La Plata, ARG, UNLP. 102 p.

Pollet, C.; Verheyen, C; Hébert, J.; Jourez, B. 2012. Physical and mechanical properties of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood grown in Belgium. *Can.J.For. Res*. 42: 831-840 p.

Refort, M.; Spavento, E.; Keil, G.; Taraborelli, C.; Acuña Rello, L. y De Hagen, M. 2019. Comparación del comportamiento elasto-resistente en maderas de salicáceas de argentina. CLEM 2019, Montevideo, Uruguay. Código: 4617748. 9 p.

Rivero Moreno, J. G. 2004 "Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arbórea Roxb.* y *Tectona grandis Linn. F*" proveniente de Plantaciones Experimentales del Valle del Sacta – Cochabamba. Cochabamba – Bolivia. 73 p.

Stringer, J.W.; Olson, J.R. 1987. Radial and vertical variation in stem properties of juvenile black locust *(Robinia pseudoacacia). Wood and Fiber Science* 19 (1):59-67 p.

Villegas, S, Area, M. y Marlat, R. 2009. Caracterización de la madera de Salix. 1: Influencia del sitio, clon, edad y altura de muestreo. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 2009 18(2), 192-203 p.